

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-047261

(43)Date of publication of application : 20.02.2001

(51)Int.Cl.

B23K 20/12  
 C22C 1/10  
 F01L 3/02  
 // C22C 21/00  
 B23K103:10  
 B23K103:18

(21)Application number : 11-228339

(71)Applicant : SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD

(22)Date of filing : 12.08.1999

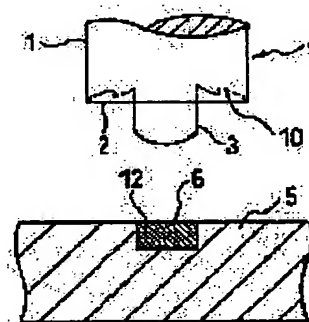
(72)Inventor : KUMAGAI MASAKI

## (54) MANUFACTURE OF METAL-BASED COMPOSITE MATERIAL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a strong bond by the dispersion of a different material in a metal without influencing a base metallic material by rotating, moving, and stirring a hard rotating tool provided with a projecting part at the tip of a rod-shaped main body against a metallic material arranged with a different material in a manner that the projecting part is inserted into the metal material and the different material, and turning a part of the metal material into a composite material with the different material.

**SOLUTION:** A hard rotating tool 4 provided with a projecting part 3 at the tip of a rod-shaped main body 1 is used, the projecting part 3 is inserted into a different material 6 (a reforming agent for the metal 5) located in a cavity 12 formed in a groove of a metallic material 5, the hard rotating tool 4 is rotated and moved for stirring, thus a composite material is formed at a part of the metallic material 5. The different material 6 is located at the cavity 12 formed in the metallic material 5, the different material 6 is detained with respect to the metallic material 5, and the metallic material 5 and the different material 6 are located in a groove line formed by a jig. A reformed layer is surely formed at the necessary part of the metallic material 5. A recessed part 10 whose volume is 25 to 150% of the volume of the projecting part 3 is provided at the tip of the rod-shaped main body 1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-47261

(P 2 0 0 1 - 4 7 2 6 1 A)

(43) 公開日 平成13年2月20日 (2001. 2. 20)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
B23K 20/12	310	B23K 20/12	310 4E067
C22C 1/10		C22C 1/10	F 4K020
F01L 3/02		F01L 3/02	Z
// C22C 21/00		C22C 21/00	Z
B23K103:10			

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全10頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-228339

(22) 出願日 平成11年8月12日 (1999. 8. 12)

(71) 出願人 000002277

住友軽金属工業株式会社  
東京都港区新橋5丁目11番3号

(72) 発明者 熊谷 正樹

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

(74) 代理人 100071663

弁理士 福田 保夫 (外1名)

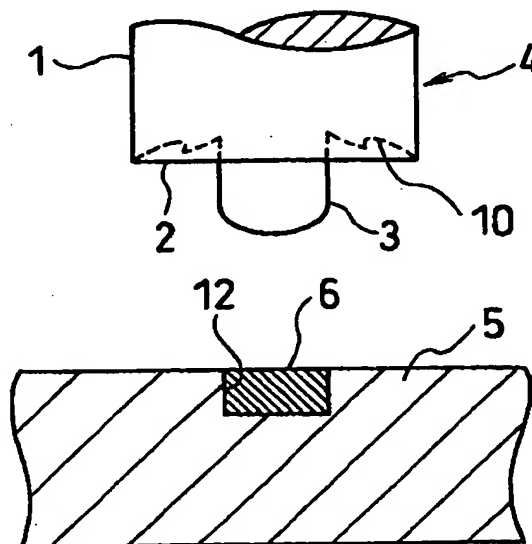
Fターム (参考) 4E067 AA05 AA26 BG00 BG02 EA07  
4K020 AA22 AC01 BA08 BB22

(54) 【発明の名称】 金属基複合材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 金属材の一部を種々の特性を有する異材料との複合材としてその部分における金属材の特性を改質し、或いは金属材全体を前記異材料との複合材とするに適した金属基複合材の製造方法を提供する。この方法によれば、母材となる金属材に影響を与えることなく、結合が強固で、種々の特性を有すると共に十分な厚さを確保した改質層を、金属材の必要な部位に容易かつ安価に形成することができ、また、金属材全体を均一な特性を有する複合材とすることもできる。

【解決手段】 異材料を配置した金属材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材及び異材料に差し込んだ状態で回転、移動して金属材及び異材料を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異材料との複合材とする。異材料を含む金属材を攪拌して複合材とすることもできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 異材料を配置した金属材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材及び異材料に差し込んだ状態で回転、移動して金属材及び異材料を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異材料との複合材とすることを特徴とする金属基複合材の製造方法。

【請求項2】 前記異材料を配置した金属材において、異材料が金属材に対して拘束状態にあることを特徴とする請求項1記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項3】 前記拘束状態は、金属材に設けた空間に異材料を配置することを特徴とする請求項2記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項4】 前記拘束状態は、金属材に異材料を治具により拘束することを特徴とする請求項2記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項5】 前記拘束状態は、治具により構成した溝条に金属材及び異材料を配置することを特徴とする請求項2記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項6】 前記硬質回転工具のロッド状本体の先端肩部に、前記突起の体積の25～150%の範囲の窪みを設けたことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項7】 前記金属材はアルミニウム展伸材であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項8】 前記金属材はアルミニウム鋳物であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項9】 前記異材料は、異種金属を固溶限より多く含むアルミニウム鋳物、アルミニウム又はアルミニウム合金と異種金属及び／又はセラミックからなる粉末又は粉末成形体、又は異種金属及び／又はセラミックを含むアルミニウム基急冷凝固材であることを特徴とする請求項1～5、7及び8のいずれかに記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項10】 異材料を含む金属材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材に差し込んだ状態で回転、移動して金属材を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異材料との複合材とすることを特徴とする金属基複合材の製造方法。

【請求項11】 前記異材料を含む金属材は、金属材と異材料からなる粉末又は粉末成形体であることを特徴とする請求項10記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項12】 前記異材料を含む金属材は、アルミニウム又はアルミニウム合金と異種金属及び／又はセラミックからなる粉末又は粉末成形体、又は異種金属及び／又はセラミックを含むアルミニウム基急冷凝固材であることを特徴とする請求項10記載の金属基複合材の製造方法。

【請求項13】 異種金属を合金成分として含む金属材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材に差し込んだ状態で回転、移動して金属材を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異種金属との複合材とすることを特徴とする金属基複合材の製造方法。

【請求項14】 請求項13に記載の金属材は、異種金属を合金成分として含む金属材の鋳造材であることを特徴とする金属基複合材の製造方法。

10 【請求項15】 請求項13に記載の金属材は、異種金属を固溶限より多く含むアルミニウム合金鋳物であることを特徴とする金属基複合材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、金属基複合材の製造方法、詳しくは、金属材の一部を種々の特性を有する異材料との複合材としてその部分における金属材の特性を改質し、或いは金属材全体を前記異材料との複合材とするのに適した金属基複合材の製造方法に関する。

20 【0002】

【従来の技術】 近年、ブレーキディスク、ピストン、吸排気バルブ、ロッカアーム、バルブリフター等、摩耗の激しい自動車部品に対して、軽量化や熱放散性向上の観点からアルミニウム合金が広く使用されるようになってきた。このような用途においては、通常の溶製法（IM法）によるアルミニウム合金では、耐摩耗性や耐熱性が不足するため、粉末冶金法（PM法）を用いたアルミニウム基急冷凝固合金材や複合材が有効である。

30 【0003】 PM法によるアルミニウム合金材は、IM法では製造することの出来ない機能を有した材料であり、例えば、Siを微細に分散させた状態で固溶限より多く含有させて耐摩耗性を向上させたり、Feを固溶限より多く含有させて耐熱性を向上させることを可能とする材料である。また、原料が粉末であるため、多種多様な異材料の粒子或いは短繊維を混合させることが出来、例えば、炭化珪素やアルミナを含有させて耐摩耗性を大きく向上させることも出来る。しかしながら、これらのアルミニウム粉末合金は、従来の溶製材に比べて製造工程が複雑であるためコスト高となるという難点があり、

40 使用範囲が限定される。

【0004】 これに対して、耐摩耗性が必要な材料表面部分のみを硬化させ、耐摩耗性を向上させる表面改質法として、アーク溶解による肉盛、溶射、メッキ等を行う方法があり、また、電解メッキ、蒸着、イオンプレーティング、スパッタリング等を行う方法も行われているが、これらの方法では、極く薄い表面層しか改質できず、上記のような摩耗の激しい自動車部品には適用することが難しい。厚い改質層を形成しようとする、アーク溶解による肉盛、溶射では、アルミニウム合金材の加熱が著しく歪みが生じ、合金材が変形したり、熱処理材

や加工硬化材では材料の軟化が生じる。また、肉盛では溶解特有の鋳物組織が形成され、ブローホールや高温割れ等が生じ、溶射では内部に空洞が出来たり、合金材との金属結合が不十分で溶射による肉盛り部分と合金材との界面で剥離が生じ易くなる等の問題が生じる。

【0005】金属材に異なる材質の金属棒を回転させながら押し付けて擦り付ける金属材の表面改質方法もFriction Surfacingとして知られている。この方法は、例えば、軟鋼板にステンレス鋼の円柱を回転数と送り速度を調整しながら擦り付けると、軟鋼板表面にステンレス鋼の層が形成されるというものであるが、アルミニウム合金材のように比較的軟らかい金属面にFriction Surfacingにより表面層を形成させるには、同材質に近い金属棒が変形し易いため、回転数と送り速度との調整範囲が狭くなって作業管理が難しくなり、また、アルミニウム合金材表面に近い部分しか攪拌出来ないから表面層を余り厚くできず、自動車部品のように摩耗の激しいものには適用し難い。

【0006】一方、突合せ摩擦接合法として、硬質の裏当て材の上に軟質素材を突き合わせて拘束し、硬質回転工具の突起を突き合わせ部に高速回転させながら差し込み移動させ、摩擦接合させる方法があり（特許第2712838号公報）、この方法によれば、入熱が少なく、接合部が溶融せず、軟化や歪みの程度が軽いことが知られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】発明者は、摩耗の激しい自動車部品へのアルミニウム粉末合金の適用に際し、粉末合金のコスト高の問題を解決する一手法として、耐摩耗性等の機能が必要な部位にのみ粉末合金を配置し、残部は比較的安価な展伸材を使用する表面改質法を検討していく過程において、上記の突合せ摩擦接合法に着目し、アルミニウム母材に対して、アルミニウム粉末と異種金属の粉末及びセラミック粉末からなる粉末成形体を配置し、母材と粉末成形体に硬質回転工具の突起を差し込み、突き合せ摩擦接合法に従って回転、移動、攪拌を行ったところ、その部分に、母材中に異種金属粒子とセラミック粒子が分散した耐摩耗性の良好な複合材による改質層が形成されることを見出した。

【0008】本発明は、上記の知見に基づいて、更に広範囲な実験、検討を重ねた結果としてなされたものであり、その目的は、金属材の一部を種々の特性を有する異材料との複合材としてその部分における金属材の特性を改質し、或いは金属材と前記異材料との複合材を製造するに適した金属基複合材の製造方法を提供することにある。この方法によれば、母材となる金属材に影響を与えることなく、結合が強固であり、種々の特性を有すると共に十分な厚さを確保した改質層を、金属材の必要な部位に容易かつ安価に形成することができ、また、金属材全体を均一な特性を有する複合材とすることができる。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための本発明の請求項1による金属基複合材の製造方法は、異材料を配置した金属材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材及び異材料に差し込んだ状態で回転、移動して金属材及び異材料を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異材料との複合材とすることを特徴とし、母材となる金属材に影響を与えることなく、異材料が金属材内に分散すると共に金属材との強固な接合が得られ、優れた特性を有する改質層が得られる。

【0010】請求項2～5による金属基複合材の製造方法は、前記異材料を配置した金属材において異材料が金属材に対して拘束状態にあること（請求項2）、前記拘束状態は金属材に設けた空間に異材料を配置すること（請求項3）、前記拘束状態は、金属材に異材料を治具により拘束すること（請求項4）、及び前記拘束状態は、治具により構成した溝条に金属材及び異材料を配置すること（請求項5）を特徴とする。この構成により、改質を必要とする金属材の箇所に確実に改質層を形成することが出来、治具の溝条における金属材及び異材料の配置の仕方により、金属材の全部あるいは一部を任意に複合材を形成することが出来る。

【0011】請求項6による金属基複合材の製造方法は、請求項1～5において、前記硬質回転工具のロッド状本体の先端部に、前記突起の体積の25～150%の範囲窪みを設けたことを特徴とする。この構成により、突起通過後に形成される改質層のバリの発生を減らし、且つ改質層内に複合材が充填され空洞が生じることが無くなる。

【0012】請求項7及び8による金属基複合材の製造方法は、請求項1～5において、前記金属材はアルミニウム展伸材であること、及び前記金属材はアルミニウム鋳物であることを特徴とし、請求項9による金属基複合材の製造方法は、請求項1～5、7、8において、前記異材料は、異種金属を固溶限より多く含むアルミニウム鋳物、アルミニウム又はアルミニウム合金と異種金属及び／又はセラミックからなる粉末又は粉末成形体、又は異種金属及び／又はセラミックを含むアルミニウム基急冷凝固材であることを特徴とする。

【0013】本発明の請求項10による金属基複合材の製造方法は、異材料を含む金属材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材に差し込んだ状態で回転、移動して金属材を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異材料との複合材とすることを特徴とし、攪拌深さや攪拌位置を変えることにより金属材の全部あるいは一部を任意に複合材を形成することが出来る。

【0014】請求項11による金属基複合材の製造方法は、請求項10において、前記異材料を含む金属材は、

金属材料と異材料からなる粉末又は粉末成形体であることを特徴とし、請求項12による金属基複合材の製造方法は、請求項10において、前記異材料を含む金属材料は、アルミニウム又はアルミニウム合金と異種金属及び／又はセラミックからなる粉末又は粉末成形体、又は異種金属及び／又はセラミックを含むアルミニウム基急冷凝固材であることを特徴とする。

【0015】請求項13による金属基複合材の製造方法は、異種金属を合金成分として含む金属材料に対してロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材料に差し込んだ状態で回転、移動して金属材料を攪拌し、少なくとも金属材料の一部を異種金属との複合材とすることを特徴とし、攪拌深さや攪拌位置を変えることにより金属材料の全部あるいは一部を任意に複合材とすることが出来る。また、請求項14および請求項15による金属基複合材の製造方法は、請求項13において、金属材料は、異種金属を合金成分として含む金属材料の casting 材であること、および金属材料は、異種金属を固溶限より多く含むアルミニウム合金 casting 物であることを特徴とする。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】以下、図1～18に基づいて、本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の実施形態を示す複合材の製造前の断面図、図2は本発明の実施形態を示す複合材の製造後の断面図である。図1～2において、本発明の複合材の製造方法は、ロッド状本体1の先端に突起3を設けてなる硬質回転工具4を用い、この硬質回転工具4の突起3を金属材料5及び金属材料5に設けた溝に形成される空間12内に配置した異材料6

(金属材料5の改質材)に差し込み、その状態で硬質回転工具4を回転、移動して、金属材料5及び異材料6を攪拌し、少なくとも金属材料5の一部に金属材料5と異材料6との複合材を形成し、金属材料5を改質する。

【0017】すなわち、この硬質回転工具4は、ロッド状本体1の突起3は金属材料5及び異材料6に差し込まれ、先端の肩部2も金属材料5及び異材料6に一部差し込まれ、又は金属材料5及び異材料6に摩擦接触するから、先端の肩部2及び突起3は金属材料5及びその改質材6よりも硬質であることが条件となる。突起3の形状は特に限定されないが、先端の肩部2と突起3との関係については、先端の肩部2に、突起3の体積の25～150%の範囲、好ましくは30～120%の範囲、より好ましくは40～100%の範囲の窪み10を設けるのが好ましい。

【0018】肩部2の窪み10の容積が突起3の体積の25%未満では、突起3の通過により形成される複合材(改質層)11にバリ7の発生が多くなり、窪み10の容積が突起3の体積の150%を越えると、改質層11内に金属材料5及び改質材6が充填せず、空洞ができる場合がある。なお、窪み10の形状は特に限定されない

が、窪み10の形状は、金属材料5及び異材料6の材質や異材料6の配置状態等に応じて、突起3の形状と共に最適な形状が選定される。

【0019】金属材料5の材質には特に限定がないが、比較的軟質のアルミニウム又はアルミニウム合金の展伸材又は casting 物が好適に使用される。異材料6の材質も特に限定されないが、金属材料5との複合材を形成して所望の特性を付与するために、金属材料5が上記の軟質材の場合には、異種金属を固溶限より多く含むアルミニウム casting 物、アルミニウム又はアルミニウム合金と異種金属及び／又はセラミックからなる粉末成形体、又は異種金属及び／又はセラミックを含むアルミニウム基急冷凝固材が好適に使用される。

【0020】上記のように、硬質回転工具4の突起3を金属材料5及び異材料6に差し込み、その状態で硬質回転工具4を回転させ改質材6に沿って移動して、金属材料5及び異材料6を攪拌することによって、図2に示すように、金属材料5の一部に複合材(改質層)11が生成する。この場合、突起3の長さを長くし、且つ金属材料5全体を万遍なく攪拌することにより、金属材料5の全部を複合材11とすることが出来る。改質層として形成される複合材11は、母材たる金属材料5に影響を与えることなく異材料6が金属材料5中に分散した組織形態を示し、金属材料5との強固な接合が得られる。例えば、金属材料5に異材料6としてSiC粉末を配置した場合には、改質層として耐摩耗性、耐熱性に優れた複合材11を形成することが出来る。

【0021】金属材料5及び異材料6を的確に攪拌するには、両者を何らかの方法で拘束状態にするのが好ましい。図1の例では、金属材料5に溝状の空間12を設け、この空間12内に金属材料5の改質材となる異材料6を嵌め込み、拘束状態にしている。図3～6は金属材料5に異材料6を拘束状態に配置する他の例を示すものである。図3、4においては、金属材料5に深溝13を設け、この深溝13に粉末状の異材料材14を充填し、硬質回転工具4の突起3を差し込んで攪拌して複合材15を生成したものである。図5では、円盤状の金属材料16の盤面にリング状溝17を設け、このリング状溝17に粉末状の異材料14を充填し、硬質回転工具4の突起を差し込んで攪拌してリング状複合材18からなる改質層を生成し、更に円盤状の金属材料16の中心部をくり抜いて最終製品Aとするものである。図6では、ピストンを想定して、円柱状の金属材料19の周面にリング状溝20を設け、このリング状溝20に棒状の異材料21を嵌め、硬質回転工具4の突起3を差し込み攪拌してリング状複合材22からなる改質層を生成したものである。

【0022】図7～10は、金属材料5の表面30に異材料6を治具の手段で拘束状態にする例を示すものである。すなわち、所望の特性を有する改質層を生成すべき金属材料5の表面30に固体状の異材料31を置き(図7

参照)、この異材料 31 を治具 32、33 の手段で拘束状態 (図 8、9 参照) とし、硬質回転工具 4 の突起 3 を差し込んだ状態で硬質回転工具 4 を回転させ、硬質回転工具 4 の突起を、異材料 31 に沿って治具 32、33 を外しながら移動させて攪拌し、図 10 に示すような複合材 34 を生成する。なお、図 8 は、爪状の治具 32 により金属材 5 の表面 30 に改質材 31 を拘束状態にするものであり、図 9 は、コ口状の治具 33 により金属材 5 の表面 30 に改質材 31 を拘束状態にするものである。いずれの場合も、硬質回転工具 4 の前で拘束状態にあり、硬質回転工具 4 が移動してくる直前で治具 32、33 による拘束状態を解除する。

【0023】図 11~18 は、治具によって構成した溝条に金属材 5 及び異材料 6 を配置し、拘束状態にする例を示す。すなわち、図 11、12 は、割り型治具 40 を合わせることににより形成した溝条 41 内に丸棒状の金属材 42 を嵌め、更にその隙間の溝条 41 内に粉末状の異材料 14 を充填し、その上からコ口状突固め機 43 を先に走らせ、その後から硬質回転工具 4 の突起 3 を差し込んで硬質回転工具 4 を回転させ、異材料 14 と金属材 42 を攪拌することにより、図 12 に示すように、金属材 42 の全体を複合材 44 に変換するものである。

【0024】図 1~12 においては、金属材とは別体の異材料を配置した金属材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材及び異材料に差し込んだ状態で回転、移動して金属材及び異材料を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異材料との複合材とする方法について説明したが、本発明においては、異材料を含む金属材、例えば、金属材と異材料からなる粉末又は粉末成形体、あるいは異種金属を合金成分として含む金属材、例えば異種金属を合金成分として含む金属材の casting 材に対して、ロッド状の本体の先端に突起を設けた硬質回転工具を、その突起を金属材に差し込んだ状態で回転、移動して金属材を攪拌し、少なくとも金属材の一部を異材料あるいは異種金属との複合材とすることも出来る。

【0025】図 13、図 14 は、異材料を含む金属材、異種金属を合金成分として含む金属材を使用する例を示すもので、割り型治具 45 を合わせることににより形成した溝条 46 内に、一例として、異種金属を固溶限より多く含む溶湯圧延材等、異種金属を合金成分として含む金属材の casting 材 47 を嵌め、硬質回転工具 4 の突起 3 を差し込み、その状態で硬質回転工具 4 を回転、移動させて攪拌し、それを 2~3 回繰り返して金属材 47 を万遍なく攪拌することにより複合材を生成し、割り型治具 45 を開いて複合材に変換された金属材 47 を取り出し、圧延ローラー 48 間を通して、金属材 47 の改質材である複合材の圧延材 49 を製造するものである。

【0026】図 15、図 16 は、ロール型治具 50 の溝条 51 内に、深溝 52 を形成し深溝 52 内に板状の異材

料 53 を嵌めた角棒状の金属材 54 を嵌着し、コ口状拘束治具 55 を先行させて拘束しながら、そのすぐ後に硬質回転工具 4 の突起 3 を差し込み、その状態で硬質回転工具 4 を回転させ、ロール型治具 50 を回転させることにより金属材 54 を移動させながら金属材 54 を攪拌することにより金属材 54 を改質し、ロール型治具 50 から外れた所で、改質された金属材である複合棒材 56 を生成するものである。

【0027】図 17、図 18 は、上部に隙間 60 を有する丸溝付双ロール型治具 61 の溝条 62 内に、例えば、異種金属を合金成分として含む金属材の casting 棒 63 を嵌め、casting 棒 63 に硬質回転工具 4 の突起 3 を差し込み、その状態で硬質回転工具 4 を回転させ、丸溝付双ロール型治具 61 を回転させることにより casting 棒 63 を移動させてながら casting 棒 63 を攪拌し、丸溝付双ロール型治具 61 から外れた所で、改質された casting 棒 63 である複合線材 64 を生成し、これを更にスクレーパ 65 で削り、トリリー線等の最終製品とするものである。

【0028】次に、本発明の効果を確認するための実施例について説明する。なお、これらの実施例は本発明の実施形態の一例を示すものであり、本発明がこれらの実施例に限定されるものではない。

#### 【0029】実施例 1

厚さ 10mm、幅 150mm、長さ 500mm のアルミニウム合金押出材 (材質: 1100) の表面に、幅 4mm、深さ 4mm の溝を成形し、この溝に、平均粒径 100  $\mu$ m の純 Al 粉末に平均粒径 2  $\mu$ m の Si 粒子を 30 重量% の含有率で混合してなる混合粉末を、100MPa の圧力で、CIP して固化成形 (嵩密度 80%) した 4mm 角棒の粉末成形体をロールで嵌め込み治具の上に拘束した。これに対して、ロッド状の本体の先端に突起 (先端径: 7mm、長さ: 5mm) を設けた硬質回転工具 (先端の肩部径: 25mm、先端の肩部窪み容積: 突起の体積の 80%) を、その突起を押出材及び粉末成形体に差し込んだ状態で回転、水平移動 (回転数 1000rpm、移動速度 200mm/分) して押出材及び粉末成形体を攪拌した結果、押出材の一部に複合材が生成した。得られた複合材には、その表面に 25mm 幅で Si 拡散部が形成され、攪拌部、すなわち、改質層の Si は平均粒径 1  $\mu$ m で分散し、その濃度は平均 16% であった (図 1、2 参照)。

#### 【0030】実施例 2

厚さ 10mm、幅 150mm、長さ 500mm のアルミニウム合金板 (材質: 3003) の表面に、幅 10mm、高さ 1mm の Al-30%Si 鋳物板を、図 9 に示す方法で固定し、治具の上に拘束した。これに対して、ロッド状の本体の先端に突起 (先端径: 5mm、長さ 3mm) を設けた硬質回転工具 (先端の肩部径: 20mm、先端の肩部窪み容積: 突起の体積の 135%) を、その突起を上記鋳物材及び合金板に差し込んだ状態で回転 (回転数: 800rpm) し、前傾角度を 5 度にして水平移動 (移動速度: 1



50mm/分)して鋳物材及び合金板を攪拌した結果、合金板の一部に複合材が形成された。得られた複合材には、その表面に20mm幅で欠陥のないSi拡散部が形成され、攪拌部、すなわち、改質層のSiは平均粒径1μmで分散し、その濃度は平均22%であった(図7、図9~10参照)。

#### 【0031】実施例3

厚さ10mm、幅150mm、長さ500mmのアルミニウム合金板(材質:5052)の表面に、幅2mm、深さ4mmの溝を形成し、この溝に、平均粒径100μmの純Al粉末に平均粒径5μmのSiC粉末を5重量%の含有率で混合してなる混合粉末を充填し、治具の上に拘束した。これに対して、ロッド状の本体の先端に突起(先端径:5mm、長さ:5mm)を設けた硬質回転工具(先端の肩部径:20mm、先端の肩部窪み容積:突起の体積の50%)を、その突起を混合粉末及び合金板に差し込んだ状態で回転、水平移動(回転数:2000rpm、移動速度:100mm/分)して混合粉末及び合金板を攪拌した結果、合金板の一部に複合材が生成した。得られた複合材には、その表面に20mm幅でSiC拡散部が形成され、攪拌部、すなわち、改質層のSiCは平均粒径5μmで均一に分散していた(図3、図4参照)。

#### 【0032】実施例4

ブレーキディスクを想定し、円盤状部材の外周面から若干内側の側面(摩擦面に相当)の表面改質を試みた。円盤状部材として、アルミニウム合金(材質:6063)のピレット(直径:150mm)を厚さ12mmにスライスしたものを準備し、直径110mmの位置に幅3mm、深さ4mmのリング状溝を形成し、このリング状溝に平均粒径5μmのアルミナ粉末を充填し、治具の上に拘束した。これに対してロッド状の本体の先端に突起(先端径:9mm、長さ:5mm)を設けた硬質回転工具(先端の肩部径:40mm、先端の肩部窪み容積:突起の体積の30%)を、その突起をアルミニウム粉末及び円盤状部材に差し込んだ状態で回転、水平移動(回転数:800rpm、移動速度:100mm/分)してアルミニウム粉末及び円盤状部材を攪拌した結果、上記リング状溝部及びその周辺部に複合材が形成された。得られた複合材には、その表面に40mm幅でアルミナ拡散部が形成され、攪拌部、すなわち、リング状改質層のアルミナは平均粒径5μmで均一に分散していた。なお、攪拌は、円盤状部材の中央部から開始して円周方向に行い、開始部を30mmラップさせた後、中央部に移動させて回転工具を引き抜いた。その後、円盤状部材の中央部を直径50mm切削除去し、表面及び裏面を各1mmづつ切削した(図5参照)。

#### 【0033】実施例5

ピストンを想定し、円筒状部材の軸方向端部から若干内側の外周面(摩擦面に相当)の表面改質を試みた。円筒状部材として、アルミニウム合金(材質:6063)の

押出材(外径:80mm、長さ:80mm)を準備し、押出材の長さ方向端部から40mmの位置に幅4mm、深さ4mmのリング状溝を形成し、このリング状溝に幅4mm、高さ4mmのAl-30%Si鋳物棒を嵌め拘束した。これに対して、ロッド状の本体の先端に突起(先端径:5mm、長さ:5mm)を設けた硬質回転工具(先端の肩部径:15mm、先端の肩部窪み容積:突起の体積の50%)、その突起を鋳造棒及び押出材に差し込んだ状態で回転、水平移動(回転数:1000rpm、移動速度200mm/分)して鋳造棒及び押出材を攪拌した結果、上記リング状溝部及びその周辺部に複合材が形成された。得られた複合材には、その表面に20mm幅で欠陥のないSi拡散部が形成され、攪拌部、すなわち、リング状改質層のSiは平均粒径1μmで分散し、濃度は平均22%であった(図6参照)。

#### 【0034】比較例1

実施例1において、硬質回転工具の先端部窪み容積を突起の体積の160%にしたこと以外、実施例1と全く同じ条件で複合材を得た。この複合材はその表面に25mm幅でSiC拡散部が形成されたが、拡散部の内部に硬質回転工具が移動した方向にトンネル状の欠陥が生じた。

#### 【0035】比較例2

実施例1において、硬質回転工具の先端部窪み容積を突起の体積の20%にしたこと以外、実施例1と全く同じ条件で複合材を得た。この複合材はその表面に25mm幅でSiC拡散部が形成されたが、バリが多く、攪拌部、すなわち、改質層の内部に硬質回転工具が移動した方向にトンネル状の欠陥が生じた。

#### 【0036】実施例6

外径16mm、長さ600mmの純アルミニウム棒を、図11に示すように、割り型治具に挿入し、その上から平均粒径5μmのSiC粉末を、アルミニウム棒に対する混合量が10%となるように投入して、割り型治具内に十分充填するよう、図12に示すように、コロ状突固め機で圧延しながら押さえ、ロッド状の本体の先端に突起(先端径:10mm、長さ:8mm)を設けた硬質回転工具(先端の肩部径:14mm、先端の肩部窪み容積:突起の体積の40%)を、その突起をアルミニウム棒及びSiC粉末に差し込んだ状態で回転、水平移動(回転数2500rpm、移動速度700mm/分)してアルミニウム棒及びSiC粉末を攪拌した結果、純アルミニウム棒は全て複合材に変換された。得られた複合線材には、SiCが平均粒径5μmで濃度9.5%で均一に分散していた(図11、12参照)。

#### 【0037】実施例7

厚さ6mm、幅60mmのAl-30%Si合金の溶湯圧延材を、図13に示すように割り型治具に挿入拘束し、ロッド状の本体の先端に突起(先端径:5mm、長さ:5mm)を設けた硬質回転工具(先端の肩部径:25mm、先端の肩部窪み容積:突起の体積の30%)を、その突起

を溶湯圧延材に差し込んだ状態で回転、移動（回転数：2500rpm、移動速度：300mm/分として、板表面を覆うように幅方向に3回に分けて移動）して溶湯圧延材を攪拌した結果、溶湯圧延材は複合材に変換された。生成した複合材を割り型治具から取り出し、図14に示すように、圧延ロールにより厚さ6mmから2mmまで圧延した。圧延の結果は良好で、得られた圧延複合材を光学顕微鏡で観察したところ、アルミニウムマトリックス中にSi粒子が0.1~2μmで均一に分散した組織を示した（図13、14参照）。

#### 【0038】実施例8

図15~16に示すような直径500mmのロール型治具に8mm角の溝を形成し、この溝に、中央に幅1mm、深さ4mmの鋼板を挿入したアルミニウム合金（材質：3003合金）の押出型材を鋼板と共に嵌入し、ロッド状の本体の先端に突起（先端径：7mm、長さ：7mm）を設けた硬質回転工具（先端の肩部径：8mm、先端の肩部窪み容積：突起の体積の50%）を、その突起を鋼板及び押出型材に差し込んだ状態で回転、ロール型治具と共に移動（回転数：1000rpm、移動速度100mm/分）して、鋼板及び押出型材を攪拌した結果、角棒状の複合材が得られた。得られた複合材中には、マトリックス中にFeが平均濃度8%で均一に分散していた（図15、16参照）。

#### 【0039】実施例9

一部に摩擦を強く受けるトロリー線を想定し、図17~18に示すような上部隙間を有する丸溝付双ロール型治具の丸溝内に、直径15mmのAl-30%Si合金の铸造棒を嵌入し、ロッド状の本体の先端に突起（先端径：13mm、長さ：13mm）を設けた硬質回転工具（先端の肩部径：10mm、先端の肩部窪み容積：突起の体積の25%）を、その突起を铸造棒に差し込んだ状態で回転（回転数：2000rpm）し、丸溝付双ロール型治具を回転させることにより铸造棒を移動（移動速度600mm/分）して、铸造棒を攪拌した結果、铸造棒は複合材に変換した。得られた複合材のビードをスクレーパで削除して複合線材とした。複合線材は、その上部及び内部が十分攪拌されて、ポロシティや引け巣の発生がなく、滑らかな表面を有していた。内部組織を観察したところ、Siが平均粒径1μmで均一に分散した組織が観察された（図17、18参照）。

#### 【0040】実施例10

外径20mm、長さ1100mmの無酸素銅棒を、図11に示すように、割り型治具に嵌め、その上から平均粒径2μmのタングステン粒子を無酸素銅棒材に対する混合量が30体積%となるように投入し、図12に示すように、割り型治具内に十分充填するようコロ状突固め機で圧延しながら押さえ、ロッド状の本体の先端に突起（先端径：10mm、長さ：8mm）を設けた硬質回転工具（先端の肩部径：14mm、先端の肩部窪み容積：突起の体積

の30%）を、その突起を無酸素銅棒材及びタングステン粒子に差し込んだ状態で回転、水平移動（回転数：1500rpm、移動速度200mm/分）させた結果、無酸素銅棒材は複合材に変換した。得られた複合線材は、タングステン粒子が濃度%で均一に分散した内部組織を示した（図11、12参照）。

【0041】以上、本発明の実施形態について説明したが、具体的な構成はこれに限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲での変更、追加は本発明の範囲内である。

#### 【0042】

【発明の効果】以上のとおり、本発明によれば、母材となる金属材に影響を与えることなしに、異材料が金属材内に分散すると共に金属材との強固な接合が得られ、異材料の量的調節によって異材料が分散した複合材からなる改質層を金属材中に任意に設定することが出来る。従って、異材料の種類に応じて種々の特性を有する材料が容易且つ安価に得ることが出来る。また、硬質回転工具による攪拌深さ、攪拌位置等、攪拌形態を変えることによって金属材の一部又は全部を複合材に変換することが可能となる。

【0043】請求項2~5の発明によれば、金属材に対して拘束状態にある異材料に硬質回転工具の突起を差し込み、回転、移動して金属材と共に異材料を攪拌するから、金属材の所望の箇所に複合材からなる改質層を生成することが出来る。治具の溝条における金属材及び異材料の配置の仕方、攪拌形態を変えることにより、金属材の全部あるいは一部を任意に複合材に変換することが出来る。

【0044】請求項6の発明によれば、請求項1~5において、前記硬質回転工具のロッド状本体の先端部に、前記突起の体積の25~150%の範囲窪みを設けることにより、突起通過後に形成される改質層のバリの発生を減らし、且つ改質層内に複合材が充填され空洞が生じることが無くなる。

【0045】請求項10及び請求項13の発明によれば、異材料を含む金属材及び異種金属を合金成分として含む金属材に対して、硬質回転工具の突起を金属材に差し込んだ状態で回転、移動して金属材を攪拌するものであるから、攪拌深さ、攪拌位置等、攪拌形態を変えることにより金属材の全部あるいは一部を任意に複合材に変換することが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態を示す複合材の製造前の状態を示す断面図である。

【図2】本発明の実施形態を示す複合材の製造後の状態を示す断面図である。

【図3】本発明の実施形態を示す他の複合材の製造前の状態を示す断面図である。

【図4】本発明の実施形態を示す他の複合材の製造後の



状態を示す断面図である。

【図 5】本発明の実施形態を示す他の複合材の製造状態を示す斜視図である。

【図 6】本発明の実施形態を示す他の複合材の製造状態を示す斜視図である。

【図 7】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造前の状態を示す断面図である。

【図 8】図 7 における金属材の拘束状態を示す斜視図である。

【図 9】図 7 における金属材の他の拘束状態を示す斜視図である。

【図 10】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造後の状態を示す断面図である。

【図 11】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造前の状態を示す断面図である。

【図 12】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造状態を示す斜視図である。

【図 13】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造状態を示す斜視図である。

【図 14】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造後の状態を示す斜視図である。

【図 15】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造前の状態を示す断面図である。

【図 16】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造状態を示す斜視図である。

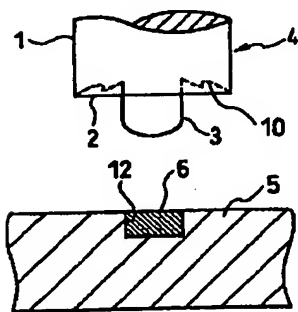
【図 17】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造前の状態を示す断面図である。

【図 18】本発明の他の実施形態を示す複合材の製造状態を示す斜視図である。

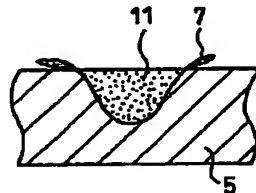
# 【符号の説明】

1	ロッド状本体
2	肩部
3	突起
4	硬質回転工具
5、16、19、42、47、54	金属材
6、14、21、31、53	異材料
7	バリ
10	窪み
11、15、34	複合材（改質層）
12	空間
13、52	深溝
17、20	リング状溝
18、22	リング状複合材
30	表面
32、33	治具
40、45	割り型治具
41、46、51、62	溝条
43	コロ状突固め機
44、64	複合線材
48	圧延ロール
49	複合圧延材
50	ロール型治具
55	コロ状拘束治具
56	複合角棒材
60	上部隙間
61	丸溝付双ロール型治具
63	铸造棒

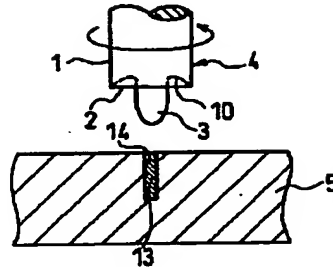
【図 1】



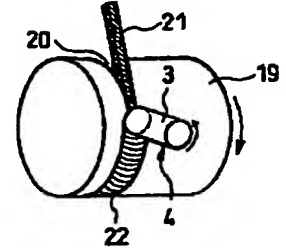
【図 2】



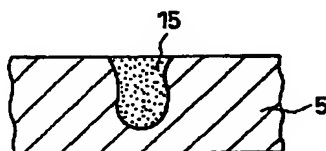
【図 3】



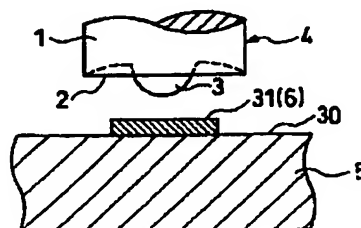
【図 6】



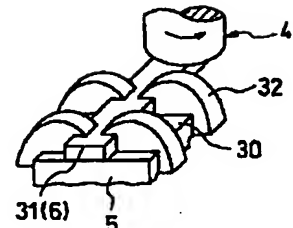
【図 4】



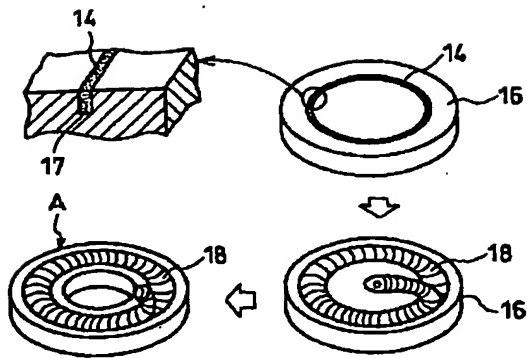
【図 7】



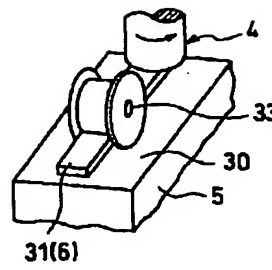
【図 8】



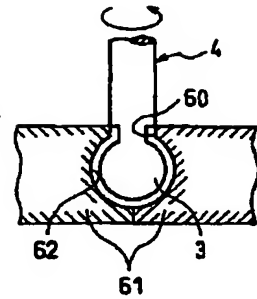
【図 5】



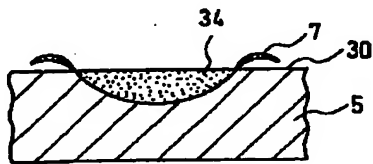
【図 9】



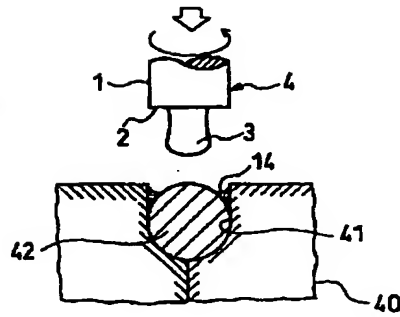
【図 17】



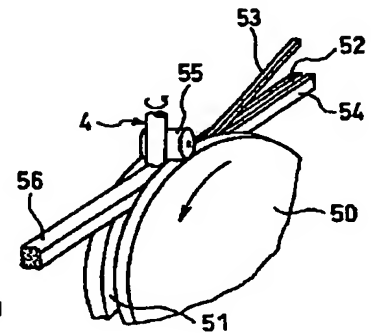
【図 10】



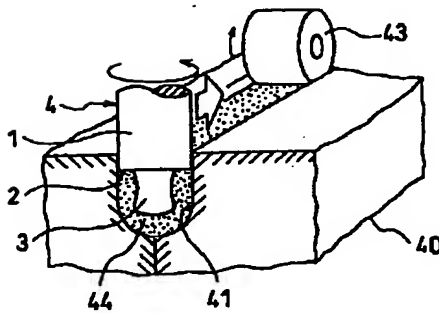
【図 11】



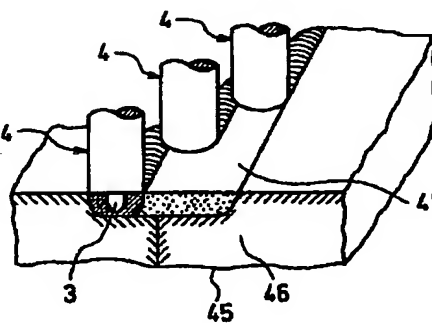
【図 16】



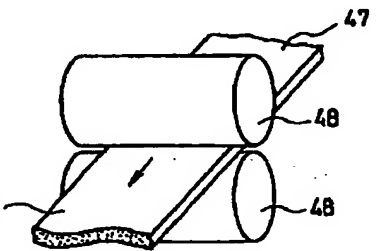
【図 12】



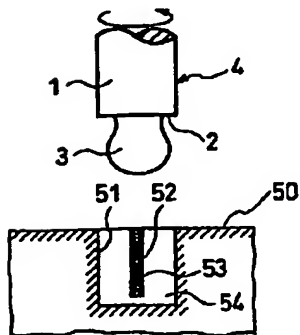
【図 13】



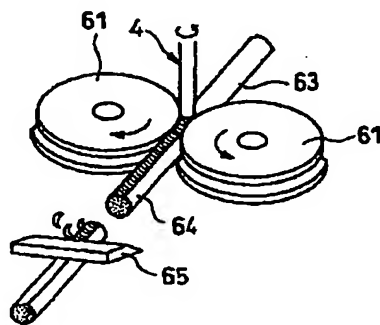
【図 14】



【図 15】



【図 18】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 103:18

識別記号

F I

テームコード (参考)